第33卷 第4期 1990年11月
昆虫学报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol. 33, No. 4 Nov., 1990

桃蚜被寄生龄期与受寄生蜂影响大小的关系

刘树生
(浙江农业大学植保系，杭州)

摘要 在两个温度下将桃蚜 *Myzus persicae* 无翅型不同龄期个体供菜蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* 产卵寄生，然后观察寄主蚜虫的发育、存活和生殖情况。结果表明，寄主蚜虫的发育速率不受影响，而从接受寄生蜂产卵到生殖率明显下降、产幼蚜终止、死亡三种症状出现的时间间隔分别为寄生蜂完成整个幼期发育所需时间的30%、40%、60%左右，这一规律不依寄主接受产卵的龄期和温度条件而变化，从而导致寄主所受影响随着接受产卵时龄期的增大而迅速下降。当蚜虫在1—2龄接受产卵时，一般不能产幼蚜，从二龄后期起、随着接受产卵龄期的推迟，所表现的内禀增长能力迅速增加，至羽化为成蚜时接受产卵，内禀增长能力已与未被寄生蚜虫的接近。由此可见，寄主不同龄期被产卵寄生的相对机率是影响蚜虫-蚜茧蜂混合种群动态关系的决定性因子之一，蚜茧蜂必须产卵于大量的1—3龄若蚜，才有可能对蚜虫种群的增长有明显的抑制作用。

关键词 桃蚜 菜蚜茧蜂 蚜虫龄期 寄生蜂作用

寄生性昆虫对寄主各种生命活动的干扰大小依寄生关系的组合而异，可表现出从寄主很快死亡到寄主的生存和繁殖不受明显影响的一系列状况。许多寄生于不全变态类昆虫的寄生性昆虫，可产卵于寄主几个或所有龄期的个体中。这些寄生物对同种寄主不同个体的影响大小则又与寄主开始被寄生时的龄期密切相关(Vinson 和 Iwantsch, 1980)。

自然界蚜虫的孤雌胎生种群常常世代重叠，多个虫型、虫期混合出现。它们的寄生蜂能寄生所有龄期的个体。对于这类寄主-寄生物系统，要了解和描述寄生物对寄主数量变动的影响大小，就必须考虑寄主接受寄生物产卵时的龄期与其受影响大小之间的关系。我们以十字花科蔬菜的主要害虫桃蚜 *Myzus persicae* 及其主要寄生蜂菜蚜茧蜂 *Diaeretiella rapae* 为材料，在这方面进行了研究，现将结果报道如下。

材料和方法

供试蚜虫的准备及饲养　用羽化后2—3天的无翅成蚜所产的仔供试。供试蚜虫以大田生长的青菜嫩叶作食料，用叶子圆片法(刘树生，1987)单头饲养。叶子圆片直径2cm，发黄即更换。

供试寄生蜂的准备　从田间青菜上采回桃蚜被寄生所化的僵蚜，分单头用指形管置室温下，待羽化后鉴定种类，供以20%的蜂蜜水。试验用蜂为羽化后1—3天未交配过的雌蜂(所产后代全部为雄性)。

本文于1988年9月收到。

将供试蚜虫给寄生蜂产卵　在直径 5cm、高 5cm 的透明塑料瓶底部放一青菜叶子圆片，引入 1—2 头雌蜂，然后将一定龄期的供试蚜虫放在底部的叶子圆片上，每一蚜虫接受一次产卵后即取出放回原处饲养。

试验处理和观察内容　在 16.3℃ 和 22.2℃ 两个温度下(光照周期每天 12 小时，相对湿度 65—90%)进行。16.3℃ 下共 4 个处理，22.2℃ 共 6 个处理，详见表 1。同一温度下不同处理同时开始，将一批产下后 0—3 小时的若蚜随机分配到各个处理。以后每天定时观察记载蜕皮、死亡和产幼蚜数(新产幼蚜每天移出)，直至所有个体死亡。

结 果 与 分 析

试验结果归纳于表 1，同时将各处理的数据组建成生命生殖力表(见图 1、图 2)。

1. 发育速率

在表 1 发育历期的数据中，每一温度下除二龄接受产卵的处理中出生至成蚜的历期外，其余各处理的各个平均历期均与对照相应的历期基本一致（$p > 0.15$）。在两个二龄接受产卵处理中，均有部分个体在四龄期僵化死亡，能羽化为成蚜的显然是其中发育较快的个体，这就必然导致它们的平均历期显著地缩短（$p \leqslant 0.05$）。因此，表 1 的数据表明寄生蜂对寄主的发育速率没有影响。

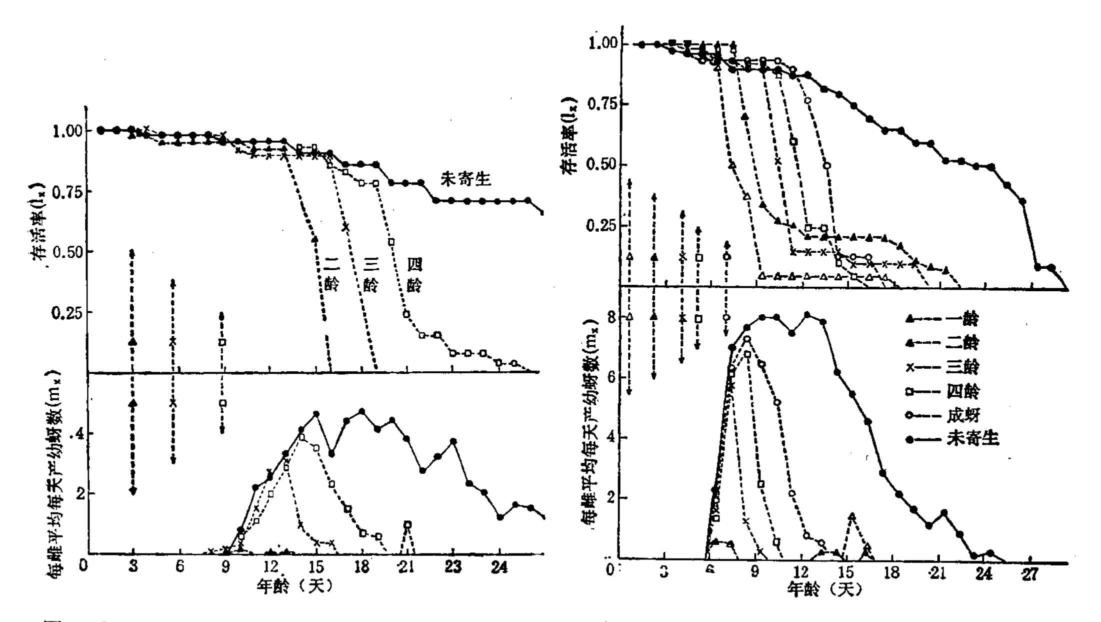


图 1　桃蚜无翅型在 16.3℃ 下不同龄期被产卵寄生后的特定年龄存活率和特定年龄生殖率
纵向箭头示接受产卵时间

图 2　桃蚜无翅型在 22.2℃ 下不同龄期被产卵寄生后的特定年龄存活率和特定年龄生殖率
纵向箭头示接受产卵时间

2. 存活

从表 1 可见，蚜虫被僵化致死的龄期随接受产卵的龄期推迟而推迟，导致平均寿命亦随之增加。当蚜虫在一龄接受产卵，少数在三龄、大多在四龄僵化致死，只有极个别能发育至成蚜。当蚜虫在二龄接受产卵，则在四龄或成蚜期僵化致死，其中 16.3℃ 下发育到

表 1 桃蚜无翅型在不同龄期被寄生后的发育、存活和产幼蚜情况

温度 ℃	蜂产卵时龄期：虫龄 出生后时间（小时）	供试虫头数	各龄僵化头数：三龄	各龄僵化头数：四龄	各龄僵化头数：成蚜	未僵化头数(1)	出生至以下各虫态出现时平均历期天数：三龄	出生至以下各虫态出现时平均历期天数：四龄	出生至以下各虫态出现时平均历期天数：成蚜(2)	平均寿命（天）	产幼蚜情况：产幼蚜蚜虫 头数	产幼蚜情况：产幼蚜蚜虫 %	产幼蚜情况：每产幼蚜蚜虫平均产幼蚜数±标准差	蜂产卵至以下症状出现平均历期天数±标准差：产幼蚜停止	蜂产卵至以下症状出现平均历期天数±标准差：死亡
16.3	2 71—73	31	1	22	5	0	4.8	7.7	10.2±0.75(6)	14.5	1	3.2	7.0	8.2±1.2	12.4±0.5
	3 134—137	29	0	0	21	0	4.6	7.6	11.1±0.89(26)	16.6	20	69.0	7.2±4.2	7.4±0.9	11.9±0.5
	4 208—211	27	0	0	14	4	4.4	7.4	10.8±0.87(22)	21.5	21	77.8	15.6±6.0	7.9±0.8	12.2±0.7
	未寄生(对照)	29					4.4	7.3	10.7±1.25(27)	33.2	27	93.1	59.2±19.6	[7.7(40%)](3)	[12.2(63%)]
22.2	1 14—16	30	3	23	0	1	2.9	4.7	6.3 (1)	7.9	1	3.3	4.0	6.4	6.7±0.4
	2 53—55	32	0	9	15	7	2.6	4.5	5.6±0.46(21)	10.7	6	18.8	5.2±5.8	4.4±0.5	6.5±0.5
	3 97—98	28	0	0	18	2	2.6	4.2	5.9±0.32(25)	10.6	23	82.1	9.5±5.5	4.2±0.8	6.4±0.2
	4 121—122	30	0	0	19	3	2.7	4.5	6.3±0.43(27)	10.7	25	83.3	15.5±6.5	4.3±0.8	6.4±0.4
	成蚜 167—169	26	0	0	16	1	2.7	4.4	6.0±0.86(23)	12.7	22	84.6	32.8±13.7	4.1±0.6	6.4±0.4
	未寄生(对照)	27					2.6	4.6	6.1±0.81(25)	20.2	24	88.9	76.3±22.0	[4.3(40%)]	[6.5(60%)]

（1）只包括最后一个僵蚜出现后还存活 3 天以上而未僵化的个体。（2）平均值±标准差（个体数），三龄、四龄个体数与供试虫数基本相等。（3）为该温度下这一栏所有个体的平均值，小括号内%示该历期为寄生蜂从卵至成蜂羽化发育历期的百分数。

成蚜的比例(19%)比 22.2℃ 下的(66%)明显要低，但两处理接受产卵的具体生理年龄是不同的，16.3℃ 下为二龄前期，而 22.2℃ 下为二龄后期，这说明能发育至成蚜的比例依接受产卵的生理年龄推迟而增高。当蚜虫在三龄及以后接受产卵，则都在成蚜期僵化致死。虽然蚜虫僵化致死的龄期依接受蜂产卵的龄期而异，但从接受产卵至死亡的时间间隔在同一温度下基本一致 ($P > 0.05$)，均为该温度下寄生蜂从卵至成蜂羽化平均历期的 60% 左右(即老熟幼虫阶段)。图 1、图 2 的数据亦表明，蚜虫接受产卵后一段时间内的特定年龄存活率与对照的基本一致，到一定时间后迅速下降，同一温度下不同处理从接受产卵到迅速下降的时间间隔基本相同，约为该温度下寄生蜂从卵至成蜂羽化平均历期的 50% 左右。

值得注意的是，两个温度下均出现了一些被寄生而不僵化的个体，这些个体在其他个体僵化致死后，身体鼓胀(有些个体透过表皮可见到蜂的高龄幼虫)，行动迟钝，一般仍能存活 5—10 天以上才死亡，蜂幼虫也一同夭折。这种情况的出现似乎与寄主接受产卵的龄期无关 (表 1)。

3. 生殖

从表 1 可见，当蚜虫在一龄期接受蜂产卵时，只有极少数个体能发育至成蚜并产下少量幼蚜，随着接受产卵的龄期推迟，能产幼蚜个体的比例、平均产幼蚜数均随之增加，到羽化后 2—3 天内接受产卵时平均产幼蚜数接近对照的 50% 左右。与存活受影响的现象相似，虽然能产幼蚜个体的比例、平均产幼蚜数依寄主接受产卵的龄期而异，但从接受蜂产卵到产幼蚜停止的时间间隔在同一温度下基本一致 ($P > 0.05$，22.2℃ 下一龄处理因只有一个数据，统计测验时未予考虑)，均为该温度下寄生蜂从卵至成蜂羽化平均历期的 40% 左右。

图 1、图 2 表明，同一温度下不同处理从接受产卵到特定年龄生殖率出现迅速下降的时间间隔基本相同，约为该温度下寄生蜂从卵至成蜂羽化平均历期的 30% 左右。而特定年龄生殖率在迅速下降以前，仅比对照的略低。

4. 内禀增长能力

根据所编制的生命生殖力表，在电子计算机上算得各处理的内禀增长能力 r_m 和净生殖率 R_0 (刘树生，1986)，并绘于图 3。从图 3 可见，当蚜虫在 1—2 龄期接受蜂产卵时，r_m 均为负值，以后随着接受产卵的龄期推迟，r_m 迅速上升，到羽化后即接受产卵时，r_m 已接近未被寄生蚜虫的水平。而 R_0 随接受产卵龄期推迟而上升的速度则比 r_m 的慢得多，到羽化后立即接受产卵时还不到未被寄生蚜虫 R_0 的 50%。

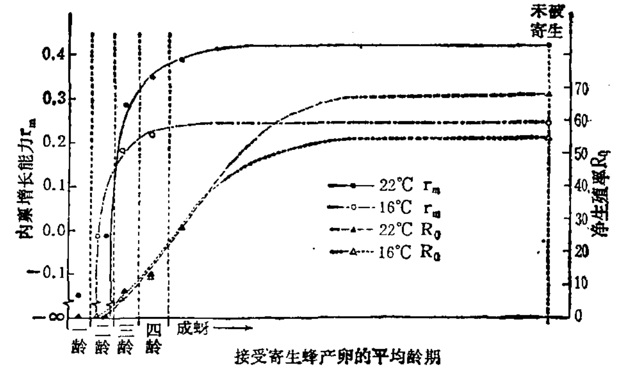


图 3　桃蚜无翅型在不同龄期被产卵寄生后所表现的内禀增长力(♀/♀/天)和净生殖率
点为实测值，线为机理模型推算值。

由于被寄生蚜虫的存活率在寄生蜂完成 40% 的发育之前不受影响，而生殖率在寄生

蜂完成 30% 的发育之前亦接近正常水平，在寄生蜂完成 30—40% 的发育过程中迅速下降至零，故我们考虑用一简单的机理模型来模拟寄生蜂对寄主种群的影响，即假定被寄生蚜虫在其体内的寄生蜂完成一定的发育量之前存活率和生殖率都不受影响，寄生蜂达到这一发育量时生殖停止。通过在电子计算机上用试错法寻优，结果以假定寄生蜂的这一发育量为 32% 时 (16.3℃ 需 6.2 天，22.2℃ 下需 3.5 天)效果最佳，即实测值与模型预测值的残差均方根接近最小，具体模拟结果见图 3，可见效果是很好的。

图 3 展示了蚜虫接受寄生蜂产卵的龄期变化与其种群增长潜力受影响大小的关系。从图中可见，蚜虫从二龄中期至成蚜羽化是最敏感的阶段，r_m 随蚜虫接受产卵的龄期推迟迅速上升；二龄中期以前接受产卵由于被寄生蚜虫不能产幼蚜，r_m 均超于负无穷大；成蚜羽化以后接受产卵，r_m 一开始就已与未被寄生蚜虫的水平接近，以后随接受产卵的时间推迟仅缓慢上升，到羽化后相当于若虫期一半长的时间才接受产卵时，r_m 已与未被寄生蚜虫的基本一致，尽管此时 R_0 仍只有未被寄生蚜虫的 65—70%。R_0 从二龄接受产卵开始，基本上随接受产卵龄期的推迟呈直线上升，至成蚜羽化再经过相当于整个若虫期长短的时间才接受产卵时，基本上与未被寄生蚜虫的一致。由于产下的幼蚜对 r_m 的贡献随着母体年龄的增大迅速下降(刘树生，1986)，从而导致了 r_m 和 R_0 随接受产卵龄期而变化的曲线之间有明显差异。

讨 论

1. 寄主-寄生蜂相互关系

已有大量的研究工作表明，许多内寄生蜂的卵产于寄主体内后，在开始的发育和取食过程中对寄主的发育、存活和生殖均可不产生明显的影响 (Vinson 和 Iwantsch, 1980)。这是寄主体内稳态机制对寄生蜂干扰而做出调整的结果。这种稳态机制能使寄主分别或同时通过加大取食量、提高对食物的同化率、提高对被同化食物的利用率、消耗体内原有的营养贮备等途径，在保证体内的寄生蜂正常发育的同时继续维持本身的主要生命活动，直至体内的寄生蜂发育到一定阶段或开始破坏性取食时，其生长发育、存活和生殖才受到明显影响并进而死亡 (Barton Browne, 1975; Cloutier 和 Mackauer, 1979; Vinson, 1975)。在许多寄主-寄生蜂组合中，寄主一般是在寄生蜂完成约三分之一的幼期发育时开始受到明显影响 (Harris 和 Todd, 1982; Vinson 和 Iwantsch, 1980)。

本研究表明，当桃蚜被菜蚜茧蜂产卵后，其发育速率、存活率和生殖率在体内的寄生蜂完成整个幼期发育的 30% 之前均没有受到明显影响。这一规律与在这方面研究得较为详细的其他几个蚜虫-蚜茧蜂组合的情况基本一致 (Campbell 和 Machauer, 1975; Liu 和 Hughes, 1984; Hafez, 1961; Machauer 和 Kambhampati, 1984)。值得注意的是虽然上述规律在多个蚜虫-蚜茧蜂组合中是一致的，但每一种蚜虫被寄生后所受影响的程度是不同的，而依寄主、寄生蜂两者发育速率相对快慢不一而异，即寄生蜂发育相对越快对蚜虫的影响就越大。

现在已经明确，蚜茧蜂幼虫共有四龄 (Chorney 和 Mackauer, 1979)。作者根据有关蚜茧蜂各虫态发育历期的零星报道 (Couchman 和 King, 1977, 施达三，1984) 进行计算，初步看出蚜茧蜂完成 30% 左右的发育时处于一龄幼虫后期。这表明本研究及上面

引用研究的结果基本上与 Soldan 和 Stary (1981) 的组织学研究结果一致，即寄主蚜虫的生殖腺只有当寄主蜂发育到一龄幼虫后期才开始受到明显的瓦解和破坏。

寄生蜂不仅可影响蚜虫的存活和生殖，还可干扰直至完全抑制翅的发育，使潜在有翅蚜发育成无翅蚜或介于无翅蚜和有翅蚜之间的中间类型 (Johnson, 1959; Liu 和 Hughes, 1984)。

2. 寄生蜂对寄主种群增长的影响

由于蚜虫从接受寄生蜂产卵到出现各种症状的时间间隔基本上不受蚜虫龄期的影响，这就必然导致寄生蜂对寄主蚜虫的影响大小取决于蚜虫接受产卵的龄期，龄期越小，影响也就越大。显然，在一个蚜虫-蚜茧蜂组合中，不同龄期个体被蜂产卵的相对机率(是蚜虫、蚜茧蜂行为相互作用的一种结果) 对于该组合的动态关系是一个决定性的影响因子。在通常情况下，蚜茧蜂必须将卵产于大量的低龄若蚜，才有可能对蚜虫种群的增长有明显的抑制作用。有关苜蓿斑点蚜 *Therioaphis maculata* 生物防治的基础研究表明，对蚜虫种群增长控制作用最强的扁平三叉蚜茧蜂 *Trioxys complanatus* 确能比其他寄生蜂把相对更多的卵产于低龄若蚜 (Force 和 Messenger, 1965)。

参 考 文 献

刘树生 1986 昆虫生命表制作与分析中的几个问题。昆虫知识 **23**(1): 41—3。

刘树生 1987 介绍一种饲养蚜虫的方法——新的叶子圆片法。昆虫知识 **24**(2): 113—5。

施达三 1984 棉蚜寄生性天敌研究 I. 棉蚜刺茧蜂的生物学特性。昆虫学研究集刊 **4**: 287—93。

Barton Brown, L. 1975 Regulatory mechanisms in insect feeding. *Adv. Insect Physiol.* **11**: 1—116.

Campbell, C. & M. Mackauer 1975 The effect of parasitism by *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae) on reproduction and population growth of the pea aphid (Homoptera: Aphididae). *Can. Ent.* **107**: 919—26.

Chorney, R. J. & M Mackauer 1979 The larval instars of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Can. Ent.* **111**: 631—4.

Cloutier, C. & M. Mackauer 1979 The effect of parasitism by *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae) on the food budget of the pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Can. J. Zool.* **57**: 1605—11.

Couchman, J. R. & P. E. King 1977 Morphology of larval stages of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hymenoptera: Aphdiidae). *Int. J. Ins. Morphol. Embryol.* **6**: 127—36.

Force, D. C. & P. S. Messenger 1965 Laboratory studies on competition among three parasites of the spotted alfalfa aphid *Therioaphis maculata* (Buckton). *Ecology* **46**: 853—9.

Hafez, M 1961 Seasonal fluctuations of population density of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.) in the Netherlands, and the role of its parasite, *Aphidius* (*Diaeretiella*) *rapae* (Curtis), *Tijdschr. Plziekten.* **67**. 445—548.

Harris, V. E. & J. W. Todd 1982 Longevity and reproduction of the southern green stink bug, *Nezara viridula*, as affected by parasitization by *Trichopoda pennipes*. *Entomol Exp. Appl.* **31**: 409—12.

Johnson. B. 1959 Effect of parasitization by *Aphidius Placensis* Brethes on the developmental physiology of its host, *Aphis craccivora* Koch. *Entomol. Exp. Appl.* **2**: 82—99.

Liu Shu-sheng & R. D. Hughes 1984 Effect of host age at parasitization by *Aphidius sonchi* on the development, survival, and reproduction of the sowthistle aphid, *Hyperomyzus lactucae*. *Entomol. Exp. Appl.* **36**: 239—46.

Mackauer. M. & S. Kambhampati 1984 Reproduction and longevity of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae), parasitized by *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Aplididiidae). *Can. Ent.* **116**: 1605—10.

Soldan, T. & P. Stary 1981 Parasitogenic effects of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae) on the reproductive organs of the pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae). *Acta Ent. Bohemoslovaca* **78**: 243—53.

Vinson, S. B. 1975 Biochemical coevolution between parasitoids and their hosts. In: P. W. Price (ed.). *Evolu-*

tionary Strategies of Parasitic Insects and Mites. Plenum Press, New York and London: 14—48.
Vinson, S. B. & G. F. Iwantsch 1980 Host regulation by insect parasitoids. *Q. Rev. Biol.* **55**: 143—65.

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE AGE AT PARASITIZATION AND PARASITE IMPACT IN *MYZUS PERSICAE*

LIU SHU-SHENG

(Department of Plant Protection, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou)

Cohorts of apterous *Myzus persicae* reared at 16.3°C and 22.2°C were exposed at various ages of their development to the oviposition by *Diaeretiella rapae*. Irrespective of the age at the beginning of initial parasitization and rearing temperature, the developmental rates of the aphids were unaffected; but obvious decrease of reproductive rates, cessation of reproduction and death of the hosts occurred when the parasites inside their bodies had completed 30%, 40% and 60% of their total development into adults respectively. As a result, the impact of the parasite on the performance of the hosts declined rapidly as their age at the initial parasitization increased. When the aphids were attacked in the first to the second instars, they generally failed to produce any young. When the aphids were attacked at the late second instar and onward, the realized intrinsic rate of increase of the aphids increased rapidly as the age at the initial parasitization increased, and approached to that of the unparasitized ones when parasitized immediately after emergence to adults. These results thus indicate that the pattern of relative probability of being parasitized among individuals in different instars is one of the crucial factors affecting the dynamics of an aphid-parasite system, and the parasite must attack a large proportion of nymphs of the first three instars to have a substantial impact on the population increase of the host aphid.

Key words *Myzus persicae*——*Diaeretiella rapae*——aphid instar——parasite impact